

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. April 2005 (07.04.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/031768 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01F 27/32**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002010

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. September 2004 (06.09.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 45 664.3 25. September 2003 (25.09.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÄFER, Michael**  
[DE/DE]; Cadolzburg Str. 19, 90449 Nürnberg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT?**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

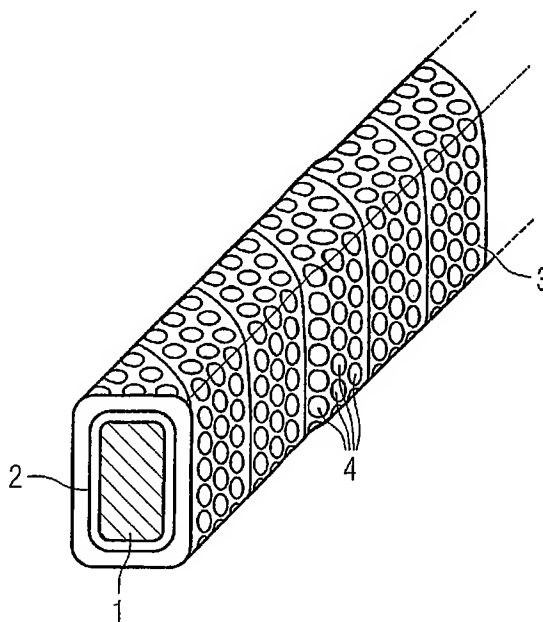
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CONDUCTOR FOR WINDINGS COOLED BY LIQUID

(54) Bezeichnung: LEITER FÜR FLÜSSIGKEITSGEKÜHLTE WICKLUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a conductor for windings cooled by liquid, especially for transformer windings, comprising an insulating covering which surrounds the entire conductor (1). At least one layer (2) of the covering completely surrounds the conductor (1). An external layer (3) provided with at least two layers (2, 3) of the covering comprises openings (4), holes (5) or frays (6) through which a coolant flowing around the conductor is placed in a turbulent state and better heat exchange is obtained. The invention also relates to a corresponding transformer cooled by liquid and a choke coil cooled by liquid.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/031768 A2



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Leiter für flüssigkeitsgekühlte Wicklungen, insbesondere für Transformatorwicklungen mit einer den Leiter (1) als ganzen umgebenden isolierenden Ummantelung, wobei zumindest eine Lage (2) der Ummantelung den Leiter (1) vollständig abdeckend umgibt, während eine äussere Lage (3) von mindestens zwei Lagen (2, 3) der Ummantelung Öffnungen (4), Maschen (5) oder Ausfransungen (6) aufweist, wodurch eine den Leiter umströmende Kühlflüssigkeit in Turbulenzen versetzt und ein besserer Wärmeaustausch erreicht wird. Die Erfindung betrifft ferner einen entsprechenden

## Beschreibung

## Leiter für flüssigkeitsgekühlte Wicklungen

5 Die Erfindung betrifft einen Leiter für flüssigkeitsgekühlte  
Wicklungen, insbesondere für Transformator- oder Drosselspu-  
lenwicklungen nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs. Die  
Erfindung betrifft ferner einen entsprechenden flüssigkeits-  
10 gekühlten Transformator und eine flüssigkeitsgekühlte Dros-  
selspule.

Eine aus einem gattungsgemäßen Leiter gebildete Wicklung ei-  
nes ölgefüllten Transformators oder ähnlichen elektrischen  
Geräts höherer Leistung ist regelmäßig mit Kühlkanälen zur  
15 Führung einer Kühlflüssigkeit wie beispielsweise Öl durchzo-  
gen, um eine durch Ohmsche Verluste anfallende Wärme abzufüh-  
ren. Die im Leiter entstehende Wärme muss dabei durch eine  
üblicherweise unmittelbar am Leiter anliegende isolierende  
Ummantelung, die typischerweise aus Papier gefertigt ist, und  
20 eine sich an einer Oberfläche dieser Ummantelung bildende  
Grenzschicht dringen. Dabei tritt sowohl in der Ummantelung  
als auch in der Grenzschicht ein Temperaturgradient auf und  
damit eine Temperaturdifferenz zwischen dem Leiter und der  
Kühlflüssigkeit. Bei gegebener Größe der abzuführenden Wärme  
25 ist diese Temperaturdifferenz eine bestimmende Größe für zu  
wählende Abmessungen des Leiters und der entsprechenden Wick-  
lung.

Um eine hinreichend gute Kühlung zu gewährleisten, müssen da-  
30 her für Wicklungen mit Leitern nach dem Stand der Technik  
insbesondere häufig größere Abmessungen gewählt werden, als  
wünschenswert wären. Aus den Druckschriften EP 0746861 B1 und  
EP 1079500 A1 sind Leiter für Transformatorwicklungen be-  
kannt, die aus mehreren Teilleitern bestehen und eine derar-  
35 tig perforierte oder netzartige Ummantelung aufweisen, dass  
die entsprechende Kühlflüssigkeit durch die Ummantelung hin-  
durch strömen und dadurch die einzelnen Teilleiter umströmen

Bei bevorzugten Ausführungen erfindungsgemäßer Leiter besteht der Leiter aus mehreren einzelnen Teilleitern, die im wesentlichen parallel geführt sind und verdreht sein können. Der Leiter als ganzer wird dadurch flexibler und damit leichter  
5 verarbeitbar. Ein weiterer Vorteil liegt in einer dadurch möglichen weitgehenden Reduzierung von Wirbelströmen im Leiter und damit verbundenen Leistungs- und Wärmeverlusten. Dadurch erhält der Leiter nicht nur vorteilhaftere elektrische Eigenschaften, auch wird die Kühlung des Leiters durch die  
10 Reduzierung der anfallenden Wärme noch weiter vereinfacht und eine dadurch noch kompaktere Bauweise eines entsprechenden elektrischen Geräts möglich. Dieser Effekt ist mit geringem Aufwand zu erreichen, wenn der Leiter aus zwischen fünf und einhundertachtundneunzig Teilleitern besteht. Dabei kann der  
15 Leiter auch als Zwillingsdrilleiter ausgeführt sein.

Eine erfindungsgemäße Ausführung von Leitern für flüssigkeitsgekühlte Wicklungen bietet sich insbesondere für solche Leiter an, die einen Querschnitt von zwischen  $0,2 \text{ cm}^2$  und  $40 \text{ cm}^2$ , besser aber nicht mehr als  $16 \text{ cm}^2$  haben und dadurch für  
20 einen Betrieb mit hohen Spannungen und damit üblicherweise verbundenen hohen Stromstärken geeignet sind, andererseits aber noch eine effektive Kühlung durch eine den Leiter als Ganzen umströmende Kühlflüssigkeit erlauben. Solche Leiter  
25 sind besonders gut zu Wicklungen zu verarbeiten, wenn sie einen rechteckigen Querschnitt haben, was insbesondere bei einem Aufbau aus mehreren Teilleitern leicht zu realisieren ist.

30 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Figuren 1 bis 3 erläutert. Es zeigt

- Figur 1 in perspektivischer Darstellung ein Ende eines erfindungsgemäßen Leiters,  
35 Figur 2 in gleicher Darstellung ein Ende eines anderen erfindungsgemäßen Leiters und

Figur 3 wieder in perspektivischer Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Leiter.

- 5 In Figur 1 ist ein Leiter 1 zu sehen, der eine aus einer inneren Lage 2 und einer äußeren Lage 3 bestehende Ummantelung aufweist. Die innere Lage 2 bildet eine konventionelle Papierisolation, ist also durch eine Papierumwicklung realisiert und umgibt den Leiter 1 so, dass sie ihn vollständig  
10 abdeckt. Die äußere Lage 3, die ebenfalls aus einer Umwicklung mit einem Papierstreifen besteht, weist eine durch Öffnungen 4 gebildete Perforation auf. Diese Öffnungen 4 haben einen Durchmesser von ungefähr 4 mm und überziehen die äußere Lage 3 derart, dass diese nur etwa 60% der darunter liegenden  
15 inneren Lage 2 abdeckt. Der Leiter 1, der eine Wicklung eines ölgekühlten Transformators bildet, bzw. die Ummantelung dieses Leiters 1 erhält dadurch eine Oberflächenstruktur, die eine Strömung eines als Kühlmittel dienenden synthetischen Öls zumindest an dieser Oberfläche in Turbulenzen versetzt  
20 und dadurch zu einem verbesserten Wärmeaustausch und einer effektiveren Kühlung des Leiters 1 führt. Der Leiter 1, der aus fünfunddreißig Teilleitern besteht, hat einen Querschnitt von etwa  $5,5 \text{ cm}^2$ . Durch die perforierte Ausführung der äußeren Lage 3 der Ummantelung dieses Leiters 1 ergibt sich eine  
25 sehr effektive Kühlung dieses Leiters 1 durch den beschriebenen Effekt, obwohl das Kühlmittel aufgrund der isolierenden inneren Lage 2, die eine Dicke von ungefähr 0,5 mm hat, die Teilleiter des Leiters 1 nicht einzeln umströmen kann.
- 30 Eine andere Ausführung der Erfindung ist in Figur 2 dargestellt. Zu erkennen ist wieder ein Leiter 1 mit einer Ummantelung, die aus einer inneren Lage 2 und einer äußeren Lage 3 besteht. Anders als bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die äußere Lage 3 der Ummantelung hier durch  
35 ein Nylonnetz gebildet, das Maschen 5 eines Durchmessers von etwa 8 mm aufweist und dadurch einen ähnlichen Effekt einer Verwirbelung einer strömenden Kühlflüssigkeit bewirkt.

8. Leiter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Lage (3) Öffnungen (4) eines Durchmessers von zwischen 2 mm und 10 mm, vorzugsweise zwischen 3 mm und 7 mm aufweist.

5 9. Leiter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die äußere Lage (3) einen Anteil von zwischen 30% und 80% der darunter liegenden (2) Lage abdeckt.

10 10. Leiter nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die den Leiter vollständig abdeckende Lage (2) bzw. vollständig abdeckenden Lagen (2) der Ummantelung eine Schicht einer Dicke von zwischen 0,1 mm und 2 mm, vorzugsweise zwischen 0,2 mm und 1 mm gebildet ist.

15 11. Leiter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass er aus mehreren einzelnen Teilleitern besteht, vorzugsweise aus zwischen fünf und einhundertachtundneunzig Teilleitern.

12. Leiter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass er einen vorzugsweise rechteckigen Querschnitt von zwischen 0,2 cm<sup>2</sup> und 40 cm<sup>2</sup> hat.

20 13. Flüssigkeitsgekühlter Transformator oder flüssigkeitsgekühlte Drosselspule enthaltend mindestens eine Wicklung aus einem Leiter nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

25 14. Transformator oder Drosselspule nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlmittel ein den Leiter umgebendes Öl, vorzugsweise mineralisches Öl, oder eine ihn umgebende Esterflüssigkeit vorgesehen ist.

1 / 2

FIG 1

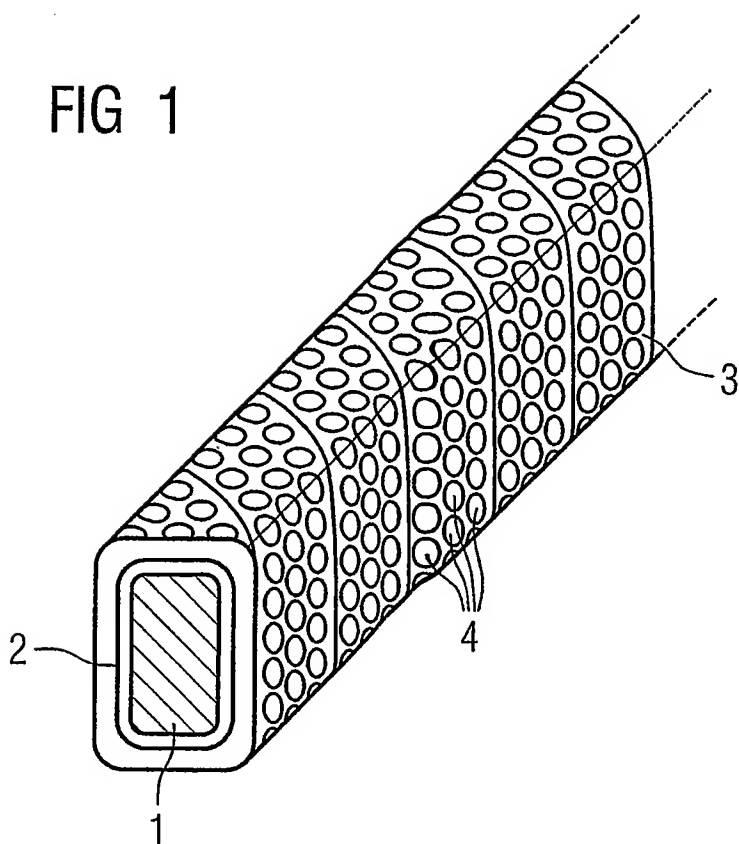


FIG 2

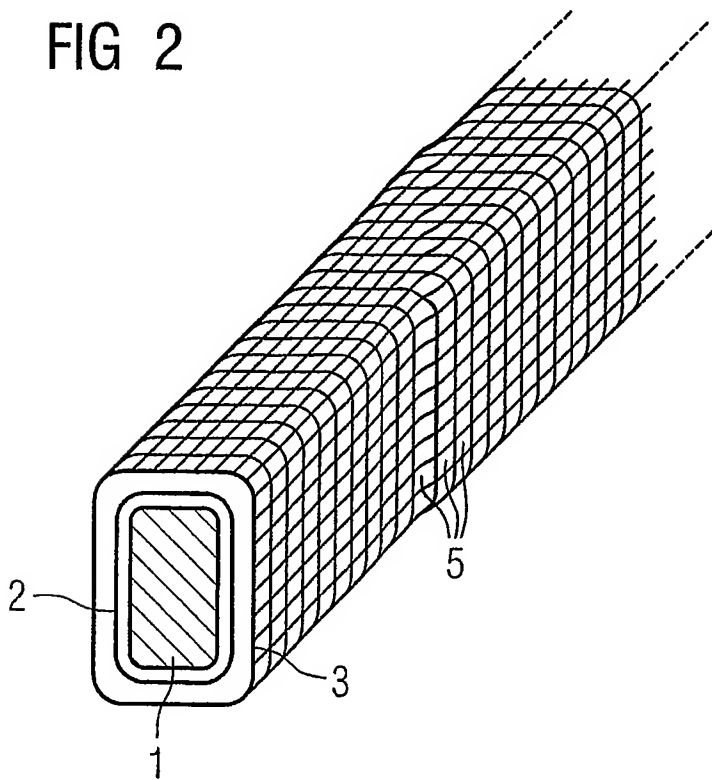






FIG 3

